

Requested Patent: JP2000125490A

Title: PERMANENT MAGNET MOTOR ;

Abstracted Patent: JP2000125490 ;

Publication Date: 2000-04-28 ;

Inventor(s): TSUKAMOTO SATOSHI; NARITA KENJI; FUKUDA YOSHIFUMI ;

Applicant(s): FUJITSU GENERAL LTD ;

Application Number: JP19980290309 19981013 ;

Priority Number(s): JP19980290309 19981013 ;

IPC Classification: H02K1/27 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the maximum value of the resultant torque of the reluctance torque and the magnet torque of a permanent magnet motor while the magnet torque is maintained, and to realize high torque and high efficiency of the motor. **SOLUTION:** One permanent magnet 11 with a semicircular cross section is used for one pole of the rotor core 10 of an inner-rotor type permanent magnet motor. A part of the semicircular cross section of the permanent magnet 11 is cut off, so as to have the maximum value peak of magnet torque and the maximum value peak of reluctance torque match with each other. Four permanent magnets 11 with semicircular cross section which are partially chipped off are buried in the circumferential direction of the rotor core 10 at equal intervals. Further, polarities of adjacent permanent magnets 11 are made different.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-125490

(P2000-125490A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000.4.28)

(51) Int.Cl.⁷

H02K 1/27

識別記号

501

F I

H02K 1/27

テマコード* (参考)

501A 5H622

501M

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全6頁)

(21) 出願番号

特願平10-290309

(22) 出願日

平成10年10月13日 (1998.10.13)

(71) 出願人 000006611

株式会社富士通ゼネラル

神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72) 発明者 塚本 聡

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式

会社富士通ゼネラル内

(72) 発明者 成田 憲治

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式

会社富士通ゼネラル内

(74) 代理人 100083404

弁理士 大原 拓也

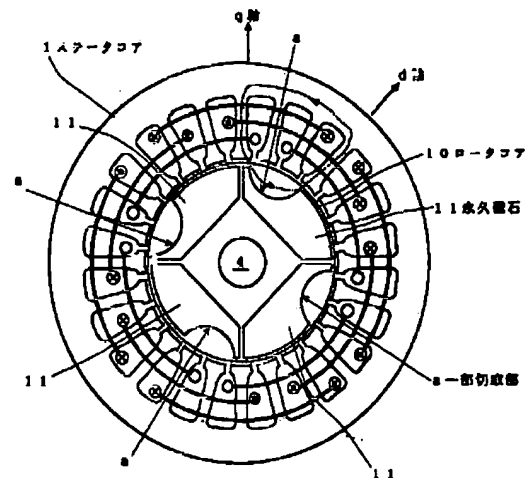
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石電動機

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石電動機において、マグネットトルクを維持したまま、リラクタンストルクとの合成トルクの最大値を引き上げ、モータの高トルク化、高効率化を図る。

【解決手段】 インナーロータ型の永久磁石電動機において、ロータコア10は、1極当り断面蒲鉾形状の永久磁石11を1つ用い、マグネットトルクの最大値ピークとリラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石11の断面蒲鉾形状の一部を切り取り、この一部切取部aによって欠けた断面蒲鉾形状の永久磁石11をロータコア10の円周方向に4つ等間隔に埋設し、かつ隣接している永久磁石11を異極とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当たり所定断面形状の永久磁石を1つ用い、かつ当該マグネットトルクの最大値ピークと当該リラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石の所定断面形状の一部を切り取ってなり、該一部を切り取った永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項2】 前記所定形状の永久磁石の一部を切り取る形状は扇形状であり、該一部切り取った部分を電磁鋼板で構成してなる請求項1記載の永久磁石電動機。

【請求項3】 ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当たり断面蒲鉾形状の永久磁石を1つ用い、かつ当該マグネットトルクの最大値ピークと当該リラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石の断面蒲鉾形状の一部を切り取ってなり、該一部を切り取った永久磁石の断面蒲鉾形状の底辺を当該中心孔に向けるとともに、該断面蒲鉾形状の曲線部分を前記ロータコアの外周に沿わせ、該永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項4】 ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）を配置してなる三相四極の永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当たり断面蒲鉾形状の永久磁石を1つ用い、かつ前記永久磁石の断面蒲鉾形状のうちd軸から22.5度（機械角）の位置を中心として一部を切り取ってなり、該一部を切り取った永久磁石の断面蒲鉾形状の底辺を当該中心孔に向けるとともに、該断面蒲鉾形状の曲線部分を前記ロータコアの外周に沿わせ、該断面台形の永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項5】 前記断面蒲鉾形状の永久磁石の一部を切り取る形状は扇形状であり、該一部切り取った部分を電磁鋼板で構成してなる請求項3または4記載の永久磁石電動機。

【請求項6】 前記永久磁石は、フェライト磁石である請求項1、2、3、4または5記載の永久磁石電動機。

【請求項7】 前記ロータコアを組み込んでDCブラシレスモータとしてなる請求項1、2、3、4、5または6記載の永久磁石電動機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、空調機や冷

蔵庫等に用いるインナーロータ型の永久磁石電動機に係り、特に詳しくは、マグネットトルクとリラクタンストルクとによる合成トルクの最大値を引き上げる永久磁石電動機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インナーロータを有する永久磁石電動機としては、例えば図5に示す構成のものが提案されている。

【0003】図5において、ステータコア1内の磁石埋込型界磁鉄心（ロータコア）2は、ほぼ断面扇状の永久磁石3を1極当たり1個埋設してなるとともに、円周方向に極数分だけ等間隔に配置し、かつ、それら隣接する永久磁石3を異極としている。なお、4はシャフトを通す孔（中心孔；軸孔）である。

【0004】ここに、永久磁石による空隙部（ステータコアの歯と永久磁石との間）の磁束分布が正弦波状になっているものとする、永久磁石電動機のトルクTは $T = P_n \{ \Phi_a \cdot I_a \cdot \cos \beta - 0.5 (L_d - L_q) \cdot I^2 \cdot \sin 2\beta \}$ で表される。なお、Tは出力トルク、 Φ_a はd、q座標軸上の永久磁石による電機子鎖交磁束、 L_d 、 L_q はd、q軸インダクタンス、 I_a はd、q座標軸上の電機子電流の振幅、 β はd、q座標軸上の電機子電流のq軸からの進み角、 P_n は極対数である。

【0005】前記数式において、第1項は、永久磁石によるマグネットトルクであり、第2項は、d軸インダクタンスとq軸インダクタンスとの差によって生じるリラクタンストルクである。なお、詳しくは、T. IEE Japan, Vol. 117-D, No 7, 1997の論文を参照されたい。

【0006】また、前記論文によると、各極の永久磁石を多層構造とすることにより、リラクタンストルクを有効利用することが記載されている。例えば、ステータコア1内のロータコアは、断面円弧状の永久磁石を1極当たり2個配置し、つまり2層構造になっている。これは、前述した1極当たり1個（1層）の場合と比較して、d軸インダクタンス L_d が小さく、q軸インダクタンス L_q が大幅に大きくなり、これにより、前記数式におけるパラメータのインダクタンス差（ $L_d - L_q$ ）の値が大きくなり、結果、モータトルクTが大きくなる。このように、リラクタンストルクを有効利用すれば、モータトルクTの増大を図ることができ、1極当たりの永久磁石を多層構造とすれば、リラクタンストルクをより有効利用できることになる。詳細は、前記論文を参照されたい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記永久磁石電動機において、ステータコア1からの磁束の路（磁路）が断面扇状の内側および外側に発生し、つまりリラクタンストルクを発生する（図6の波線曲線参照）。この場合、このリラクタンストルクとマグネットトルク

(図6の二点鎖線曲線)とを利用することができるが、このリラクタンストルクと当該マグネットトルクとの最大値ピークは異なるものとなっている(図6参照)。したがって、図6の実線曲線に示すように、リラクタンストルクとマグネットトルクとによる合成トルクの最大値ピークがそれほど高くないため、それらのトルクを最大限に利用することができず、モータの高トルク、高効率化が阻害されてしまう。

【0008】また、前記論文に記載されている多層構造の永久磁石を有するロータコアの場合には、前述したような欠点を解消することができるが、1極当り複数の永久磁石を使用することから、製造コストが高くなる。したがって、製造コスト面では1極当り1つの永久磁石を使用することが好ましい。

【0009】この発明は、前記課題に鑑みなされたものであり、その目的は、1極当り1つの永久磁石を使用してマグネットトルクを維持する一方、マグネットトルクとリラクタンストルクの最大値ピークを合わせて合成トルクを上げてマグネットトルクおよびリラクタンストルクの有効利用を図り、ひいてはモータの高トルク、高効率化を実現することができるようにした永久磁石電動機を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、この発明は、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当り所定断面形状の永久磁石を1つ用い、かつ当該マグネットトルクの最大値ピークと当該リラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石の所定断面形状の一部を切り取ってなり、該一部を切り取った永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴としている。

【0011】この場合、前記所定形状の永久磁石の一部を切り取る形状は扇形状であり、該一部切り取った部分を電磁鋼板で構成すると好ましい。

【0012】この発明は、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当り断面蒲鉾形状の永久磁石を1つ用い、かつ当該マグネットトルクの最大値ピークと当該リラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石の断面蒲鉾形状の一部を切り取ってなり、該一部を切り取った永久磁石の断面蒲鉾形状の底辺を当該中心孔に向けてるとともに、該断面蒲鉾形状の曲線部分を前記ロータコアの外周に沿わせ、該永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴としている。

【0013】この発明は、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる三相四極の永久

磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当り断面蒲鉾形状の永久磁石を1つ用い、かつ前記永久磁石の断面蒲鉾形状のうちd軸から22.5度(機械角)の位置を中心として一部を切り取ってなり、該一部を切り取った永久磁石の断面蒲鉾形状の底辺を当該中心孔に向けてるとともに、該断面蒲鉾形状の曲線部分を前記ロータコアの外周に沿わせ、該断面台形の永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、該隣接している永久磁石を異極としてなることを特徴とする永久磁石電動機。

【0014】この場合、前記断面蒲鉾形状の永久磁石の一部を切り取る形状は扇形状であり、該一部切り取った部分を電磁鋼板で構成すると好ましい。

【0015】前記永久磁石はフェライト磁石であるといふ。

【0016】前記ロータコアを組み込んでDCブラシレスモータとするよい。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を図1ないし図4を参照して詳しく説明する。なお、図中、図5と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。また、図4は図6に対応している。

【0018】この発明の永久磁石電動機は、1極当り1つの永久磁石を断面所定形状(例えば断面蒲鉾形状)にし、かつリラクタンストルクを発生するとともに、その位相をずらし、その最大値ピークを当該マグネットトルクの最大値ピークに合わせるように(図4参照)、前記断面蒲鉾形状の一部を切り取れば、永久磁石の使用量が減らずに、マグネットトルクとリラクタンストルクによる合成トルクの最大値が引き上げられることに着目したものである。

【0019】そのため、図1および図2示すように、この三相四極の永久磁石電動機のロータコア(磁石埋込型界磁鉄心)10は、1極当り1つの断面蒲鉾形状の永久磁石(例えばフェライト磁石)11を用い、この断面蒲鉾形状の一部を扇状に切り取り、この一部を切り取った断面蒲鉾形状の永久磁石11の底辺を中心孔4に向け、その曲線部分をコア外周に向けて配置するとともに、この永久磁石11を円周方向に等間隔に4つ埋設し、かつ、隣接する極の永久磁石11を異極にしている。

【0020】また、図1および図3に示すように、前記永久磁石11の一部切り取部分aは、d軸から22.5度(機械角)の箇所を中心とし、断面蒲鉾形状の曲線部分を含んだ扇形状であり(図3の実線矢印a部分)、後述するコアと同じ材質の電磁鋼板で構成されている。

【0021】すなわち、従来例のように、d軸を中心としてステータコア1からの磁路の領域を形成すると、図6に示すリラクタンストルクが発生することから、d軸から電気角で45度ずらした軸を中心として磁路の領域を形成すれば、図4に示すようにリラクタンストルクの

最大値ピークを当該マグネットトルクの最大値ピークに一致させることができるから。

【0022】また、永久磁石11の断面蒲鉾形状の底辺を中心孔4に近付ければ、一部切り取った分永久磁石11の使用量(磁石量)を増やすことができ、トータルの使用量としては従来と変わらず、マグネットトルクの維持が可能である。

【0023】このように、永久磁石11の一部を切り取る箇所によりリラクタンストルクを発生させ、その切り取った箇所によってリラクタンストルクの位相を変え、その最大値ピークを当該マグネットトルクの最大値ピークに合わせると、マグネットトルクとリラクタンストルクとの合成トルクの最大値を引き上げることができることから、当該モータの高トルク化、高効率化に寄与する。

【0024】また、永久磁石11を断面蒲鉾形状とすることにより、同蒲鉾形状の底辺を中心孔4に近付ければ、永久磁石11の使用量を少なくとも従来と同程度とすることができ、つまりマグネットトルクの維持が図れる。なお、前記実施例では、永久磁石11の断面形状を蒲鉾形状としているが、他の断面形状とした場合にも適用できることは明かである。

【0025】前記ロータコア10の製造においては、コアプレス金型を用いて自動プレスで電磁鋼板を打ち抜き、金型内でかしめて一体的に形成するコア積層方式(自動積層方式)を採用する。

【0026】このプレス加工工程において、少なくとも中心孔4と永久磁石11の埋設孔を打ち抜き、図2に示すように、自動的にプレスし、コアシート10aをかしめながら積層してロータコア10を形成する。このとき、リベット通しの孔やかしめ部を形成するとよい。

【0027】しかる後、一部切取部aによって欠けた断面蒲鉾形状に永久磁石11を形成し、かつ低コストのフェライト磁石で形成した永久磁石11を前記プレスによる孔に埋設し、かつ永久磁石11を厚さ方向(ロータコア10の径方向)に磁化、着磁する。さらに、ロータコア10の両端部に蓋をした後、リベットを通してかしめて当該ロータコア10の製造が終了する。したがって、ロータコア10の製造コストは従来と殆ど同じに済む。

【0028】図1について、追加的に説明すると、これは、永久磁石電動機が三相四極モータとした場合であり、24スロットのステータコア10には、U相、V相およびW相の電機子巻線が施され、外径側の電機子巻線がU相、内径側の電機子巻線がW相、その中間の電機子巻線がV相になっているが、スロット数や電機子巻線数が異なってもよい。

【0029】また、前述したロータコア10をDCブラシレスモータに利用し、例えば空気調和機のコンプレッサ等に適用すれば、空気調和機の性能アップ、信頼性の向上が図れる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、この永久磁石電動機の請求項1記載の発明によると、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当たり所定断面形状の永久磁石を1つ用い、かつ当該マグネットトルクの最大値ピークと当該リラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石の所定断面形状の一部を切り取ってなり、この一部を切り取った永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、この隣接している永久磁石を異極としたので、1極当たり1つの永久磁石としたことにより低コスト化が期待できるとともに、永久磁石の形状によりその使用量(磁石量)を減らすことができる。したがって、マグネットトルクを維持することができる一方、ステータコアからの磁束の路(磁路)を確保してリラクタンストルクの最大値ピークをマグネットトルクの最大値ピークに合わせて合成トルクの最大値を引き上げることができ、ひいてはモータの高トルク、高効率化を実現することができるという効果がある。

【0031】請求項2記載の発明によると、請求項1における所定形状の永久磁石の一部を切り取る形状は扇形状であり、この一部切り取った部分を電磁鋼板で構成してなるので、請求項1の効果に加え、ステータコアからの磁束が一部切取部に沿うことにより、リラクタンストルクの発生に寄与し、合成トルクの最大値をより引き上げることができるという効果がある。

【0032】請求項3記載の発明によると、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる永久磁石電動機において、前記ロータコアは、1極当たり断面蒲鉾形状の永久磁石を1つ用い、かつ当該マグネットトルクの最大値ピークと当該リラクタンストルクの最大値ピークを合わせるように前記永久磁石の断面蒲鉾形状の一部を切り取ってなり、この一部を切り取った永久磁石の断面蒲鉾形状の底辺を当該中心孔に向けるとともに、この断面蒲鉾形状の曲線部分を前記ロータコアの外周に沿わせ、該永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、この隣接している永久磁石を異極としたので、1極当たり1つの永久磁石としたことにより低コスト化が期待できるとともに、断面蒲鉾形状により永久磁石の使用量(磁石量)を減らすことなくマグネットトルクを維持することができる一方、ステータコアからの磁束の路(磁路)を確保し、リラクタンストルクの最大値ピークをマグネットトルクの最大値ピークに合わせて合成トルクの最大値を引き上げることができるため、モータの高トルク、高効率化を実現することができるという効果がある。

【0033】請求項4記載の発明によると、ステータコア内に磁石埋込型界磁鉄心(ロータコア)を配置してなる三相四極の永久磁石電動機において、前記ロータコア

は、1極当り断面蒲鉾形状の永久磁石を1つ用い、かつ前記永久磁石の断面蒲鉾形状のうちd軸から22.5度（機械角）の位置を中心として一部を切り取ってなり、この一部を切り取った永久磁石の断面蒲鉾形状の底辺を当該中心孔に向けるとともに、この断面蒲鉾形状の曲線部分を前記ロータコアの外周に沿わせ、該断面台形の永久磁石を前記ロータコアの円周方向に当該極数分だけ等間隔に埋設し、この隣接している永久磁石を異極としたので、1極当り1つの永久磁石としたことにより低コスト化が期待できるとともに、断面蒲鉾形状により永久磁石の使用量（磁石量）を減らすことなくマグネットトルクを維持することができる一方、ステータコアからの磁束の路（磁路）を確保し、リラクタンストルクの最大値ピークの位相を45度（電気角）ずらしてマグネットトルクの最大値ピークに合わせてその合成トルクの最大値を引き上げることができることから、モータの高トルク、高効率化を実現することができるという効果がある。

【0034】請求項5記載の発明によると、請求項3または4における断面蒲鉾形状の永久磁石の一部を切り取る形状は扇形状であり、この一部切り取った部分を電磁鋼板で構成してなるので、請求項3または4の効果に加え、ステータコアからの磁束が一部切取部に沿うことにより、リラクタンストルクの発生に寄与し、合成トルクの最大値をより引き上げることができるという効果がある。

【0035】請求項6記載の発明によると、請求項1、2、3、4または5における永久磁石はフェライト磁石であるので、請求項1、2、3、4または5の効果に加

え、希土類磁石等の高価な材料を使用しなくとも、必要なマグネットトルクおよびリラクタンストルクを得ることが可能であり、つまり、低コストで高効率のモータを実現することができるという効果がある。

【0036】請求項7記載の発明によると、請求項1、2、3、4、5または6におけるロータコアを組み込んでDCブラシレスモータとしてなるので、請求項1、2、3、4、5または6の効果に加え、例えば空気調和機のコンプレッサ等のモータに適用すれば、空気調和機の性能アップ、信頼性の向上が図られ、さらには低コスト化が図れるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態を説明するための永久磁石電動機の概略的平面図。

【図2】図1に示す永久磁石電動機を構成するロータコアの概略的断面図。

【図3】図1に示すロータコアの概略的平面図。

【図4】図1に示す永久磁石電動機によるトルク発生を説明するための概略的グラフ図。

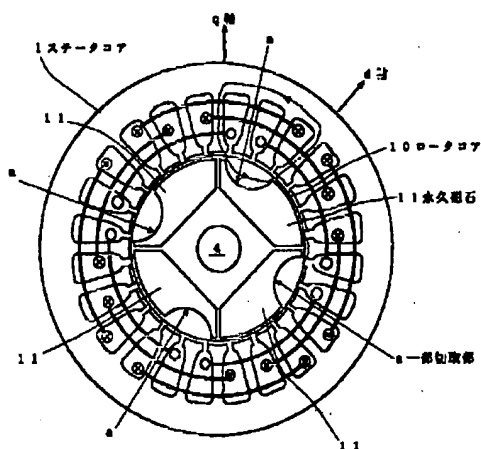
【図5】従来の永久磁石電動機を説明するための概略的平面図。

【図6】図5に示す永久磁石電動機によるトルク発生を説明するための概略的グラフ図。

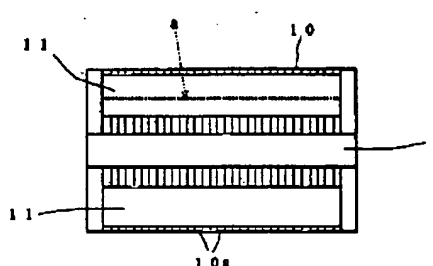
【符号の説明】

- 1 ステータコア
- 4 中心孔（シャフト用軸孔）
- 10 ロータコア（磁石埋込型界磁鉄心）
- 11 永久磁石（フェライト磁石）
- a 一部切取部

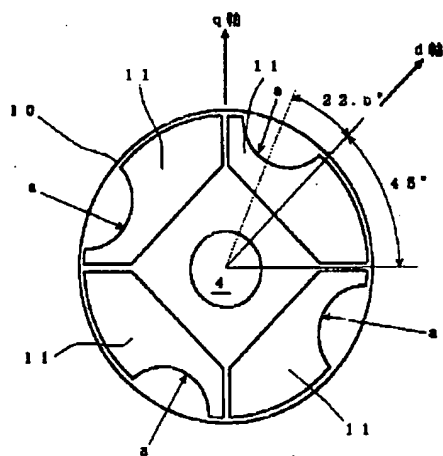
【図1】



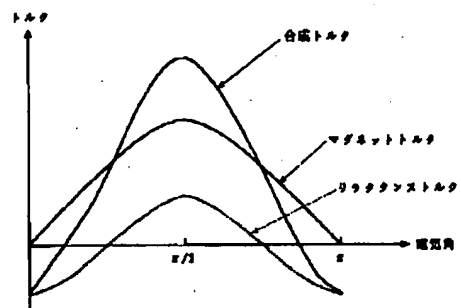
【図2】



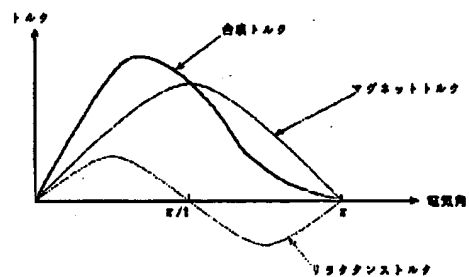
【図3】



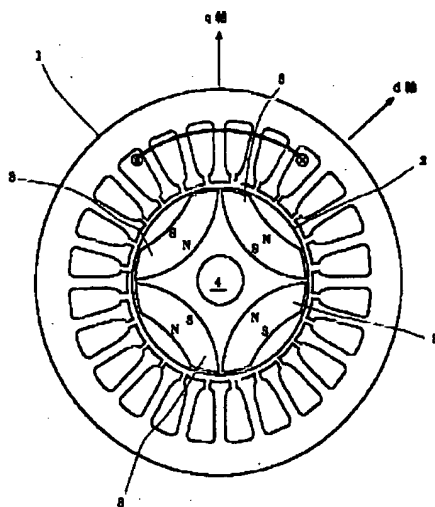
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 好史
神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式
会社富士通ゼネラル内

Fターム(参考) 5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CA13
CB04 CB05 DD01 PP03 PP10
PP16 PP18 PP19